

УДК 624.012

ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЫМОВЫХ ТРУБ И НЕСУЩИХ БАШЕН НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ

ХАНУХОВ Х.М.^{1*}, д.т.н., член-кор. АИИ РФ,
ЯРОВОЙ С.Н.², к.т.н., проф.

^{1*} Научно-производственный консорциум «Изотермик», Варшавское шоссе 125, 117587, Москва, Россия, тел. +07(985)9284827, e-mail: isotermik@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0231-0756.

² Кафедра металлических и деревянных конструкций, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, ул. Сумская 40, 61102, Харьков, Украина, тел. +38(057)7061763, e-mail: psp-nauka@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-2886-9456.

Аннотация. Цель. Дымовые и вентиляционные трубы, несущие башни являются неотъемлемой частью промышленных предприятий и представляют собой сложные и дорогостоящие высотные инженерные сооружения, подвергающиеся значительным ветровым, температурным, коррозионным, сейсмическим и другим воздействиям. Они являются конечным звеном многих важных технологических процессов и выход их из эксплуатации, как правило, приводит к остановке всего производства и большим финансовым потерям. Определение остаточного ресурса и долговечности металлических дымовых и вентиляционных труб, несущих башен после длительных сроков эксплуатации является актуальной задачей для промышленных предприятий. С этой целью был проведен анализ и классификация дефектов и повреждений на основе результатов обследования технического состояния более 100-та металлических дымовых и вентиляционных труб, более 20-ти металлических несущих башен, были определены предельно допустимые значения дефектов и повреждений в зависимости категории их опасности и от категории технического состояния конструкций. **Методика.** Была разработана современная методика обследования технического состояния промышленных металлических дымовых и вентиляционных труб, несущих башен. Методика разработана на основе материалов обследований технического состояния труб и башен после длительного срока эксплуатации, действующих нормативных документов, оценке различных воздействий на элементах труб. **Результаты.** Проведена статистическая обработка дефектов и повреждений для сбора данных о повреждаемости металлических дымовых труб и несущих башен, выполненная на основании заключений о техническом состоянии и экспертиз промышленной безопасности. Выполнена классификация основных дефектов и повреждений несущих конструкций, определены предельно допустимых значения дефектов и повреждений в зависимости от категории их опасности и от категории технического состояния конструкций. **Научная новизна.** Получены данные о повреждаемости металлических дымовых и вентиляционных трубах, несущих башен находящихся в эксплуатации 30-50 лет и более, определены величины предельно допустимых значения дефектов и повреждений. **Практическая значимость.** Анализ дефектов и повреждений металлических дымовых труб и несущих башен, определение их предельно допустимых значений для каждого технического состояния конструкций позволяет оценить остаточный ресурс и долговечность конструкций после длительного срока эксплуатации.

Ключевые слова: металлические дымовые и вентиляционные трубы; дефекты и повреждения; эксплуатационная пригодность; долговечность.

ПОШКОДЖЕНІСТЬ МЕТАЛЕВИХ ДИМОВИХ ТРУБ ТА НЕСУЧИХ БАШЕН НА ПРОТЯЗІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТА ГРАНИЧНІ ЗНАЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ ТА ПОШКОДЖЕНЬ

ХАНУХОВ Х.М.^{1*}, д.т.н., член-кор. АИИ РФ.,
ЯРОВИЙ С.М.², к.т.н., проф.

^{1*} Науково-виробничий консорціум «Ізотерік», Варшавське шосе 125, 117567, Москва, Росія, тел. +07(985)9284827, e-mail: isotermik@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0231-0756.

² Кафедра металевих та дерев'яних конструкцій, Харківський національний університет будівництва і архітектури, вул. Сумська 40, 61102, Харків, Україна, тел. +38(057)7061763, e-mail: psp-nauka@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-2886-9456.

Анотація. Мета. Димові та вентиляційні труби, несучі вежі є невід'ємною частиною промислових підприємств і є складними і дорогими висотними інженерними спорудами, які піддаються значним вітровим, температурним, корозійним, сейсмічним і іншим впливам. Вони є кінцевою ланкою багатьох важливих технологічних процесів і вихід їх з експлуатації, як правило, призводить до зупинки всього виробництва і великих фінансових втрат. Визначення залишкового ресурсу і довговічності металевих димових і вентиляційних труб, які несуть вежі після тривалих термінів експлуатації є актуальним завданням для промислових підприємств. З цієї метою було проведено аналіз і класифікація дефектів і пошкоджень на

основі результатів обстеження технічного стану понад 100-та металевих димових і вентиляційних труб, і 20-ти металевих несучих веж, необхідністю визначити гранично допустимі значення дефектів і пошкоджень в залежності категорії їх небезпеки, і від категорії технічного стану конструкцій. **Методика.** Була розроблена сучасна методика обстеження технічного стану промислових металевих димових і вентиляційних труб, які несуть веж. Методика розроблена на основі матеріалів обстежень технічного стану труб і веж після тривалого терміну експлуатації, діючих нормативних документів, оцінці різних впливів на елементах труб. **Результати.** Була проведена статистична обробка дефектів і пошкоджень для збору даних про пошкоджуваності металевих димових труб і несучих веж, виконана на підставі висновків про технічний стан і експертизу промислової безпеки. Виконано класифікацію основні дефектів і пошкодження несучі конструкції, визначені гранично допустиме значення дефектів і пошкодження в залежності від категорії їх небезпеки, і від категорії технічного стану конструкцій. **Наукова новизна.** Отримано дані про пошкоджуваності металевих димових і вентиляційних трубах, несучих веж знаходяться в експлуатації 30-50 років і більше, визначені величини гранично допустимих значення дефектів і пошкоджень. **Практична значимість.** Аналіз дефектів і пошкоджень металевих димових труб і несучих веж, визначення їх гранично допустимих значень для кожного технічного стану конструкцій дозволяє оцінити залишковий ресурс і довговічність конструкцій після тривалого терміну експлуатації.

Ключові слова: металеві димові труби; металеві вентиляційні труби; надійність; експлуатаційна придатність; корозія

DAMAGE OF METALLIC SMOKE PIPES AND CARRIER TOWERS FOR LIFE CYCLE AND LIMIT VALUES OF MAJOR DEFECTS AND DAMAGES

Khanukhov H. M. ^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Corresponding Member AIN RF.,*

Yarovoj S.N. ², *Cand. Sc. (Tech.), Prof.*

^{1*} Scientific and production consortium "Isothermic", Warsaw highway 125, 117587, Moscow, Russia, tel. +07 (985)9284827, e-mail: isotermik@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0231-0756.

² Department of metal and wooden structures, Kharkiv National University of Construction and Architecture, st. Sumskay 40, 61102, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (057) 7061763, e-mail: psp-nauka@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-2886-9456.

Abstract. Purpose. Smoke and ventilation pipes, bearing towers are an integral part of industrial enterprises and are complex and expensive high-rise engineering structures that are subject to significant wind, temperature, corrosion, seismic and other impacts. They are the final link in many important technological processes and their decommissioning, as a rule, leads to the shutdown of the entire production and large financial losses. Determination of the residual life and durability of metal smoke and ventilation pipes, bearing towers after long periods of operation is an actual task for industrial enterprises. For this purpose, the analysis and classification of defects and damages was carried out based on the results of a survey of the technical condition of more than 100 metal smoke and ventilation pipes, and 20 metal bearing towers, the need to determine the maximum permissible values of defects and damages depending on the category of their danger, and From the category of technical condition of structures.. **Methodology.** A modern technique was developed for examining the technical condition of industrial metal smoke and ventilation pipes carrying towers. The technique is developed on the basis of materials of technical condition tests of pipes and towers after a long period of operation, operating normative documents, evaluation of various effects on pipe elements. **Findings.** Statistical processing of defects and damages was performed to collect data on the damageability of metal chimneys and load-bearing towers, performed on the basis of conclusions on the technical condition and industrial safety assessments. The classification of the main defects and damages of load-carrying structures is performed, the maximum permissible values of defects and damages are determined depending on the category of their danger, and on the category of technical condition of the structures. **Originality.** The data on the damageability of metal smoke and ventilation pipes, bearing towers in service for 30-50 years or more, and the values of the maximum permissible values of defects and damages have been determined. **Practical value.** Analysis of defects and damages of metal chimneys and bearing towers, determination of their maximum permissible values for each technical condition of the structures allows to estimate the residual life and durability of structures after a long service life.

Keywords Metal smoke and ventilation pipes; defects and damages; operational fitness; durability.

Дымовые и вентиляционные трубы, несущие башни являются неотъемлемой частью промышленных предприятий и являются сложными и дорогостоящими высотными инженерными сооружениями, которые подвергаются значительным ветровым, температурным, коррозионным, сейсмическим и другим воздействиям.

Дымовые и вентиляционные трубы промышленных предприятий являются конечным звеном многих важных технологических процессов и выход их из эксплуатации, как правило, приводит к остановке всего технологического процесса,

остановке производства и большим финансовым потерям.

Изначально трубы служили только для создания тяги, обеспечивающий нужный режим горения или вентиляции, что позволяло ограничиваться трубами малой высоты (рис. 1).

В дальнейшем с развитием промышленности возникли более жесткие требования по защите окружающей среды от выброса в атмосферу вредных промышленных отходов.



Рис 1. Металлические дымовые трубы высотой 22.00м компрессорной станции «Заднепровская» магистрального газопровода /

Metal chimneys with a height of 22.00 m of the compressor station "Zadneprovskaya" of the main gas pipeline

Для снижения негативного воздействия дымовых и вентиляционных газов на состояние воздушного бассейна, стали использовать вывод предварительно очищенных газов от производственных предприятий на большую высоту. Это позволяло рассеивать их на значительную высоту и тем самым снизить концентрацию до безопасного уровня. Для обеспечения надежности и устойчивости высоких дымовых и вентиляционных металлических труб, вокруг труб стали возводить металлические башни (рис.2).



Рис2. Общий вид металлической башни высотой 180м цеха Аммиак ОАО «Акрон», г В.Новгород /

General view of the metal tower height 150m shop Ammonia-4 JSC Acron, Mr. V. Novgorod

Металлические башни воспринимает большинство нагрузок, действующих на трубы.

Металлические дымовые и вентиляционные трубы, металлические башни вокруг них, находятся практически под непрерывным воздействием ветровых нагрузок, вызывающих заметные колебания и связанные с ними знакопеременные напряжения. Кроме того, эксплуатационные условия дымовых труб таковы, что, помимо колебательных процессов, внутренние поверхности находятся под влиянием высокотемпературных агрессивных газовых потоков, снижающих расчетное сопротивление металлов.

Многие промышленные предприятия металлургической, горнорудной, химической, газовой, энергетической и других отраслей промышленности построены во времена интенсивного развития промышленности (в 50-80ые годы XX столетия) и эксплуатируются длительный период, вплоть до настоящего времени. Большинство из находящихся в эксплуатации дымовых и вентиляционных труб этих предприятий работают на протяжении 50-70лет, при расчетном сроке 50лет. По мере увеличения сроков эксплуатации все острее встает вопрос обеспечения надежности и долговечности труб.

В настоящее время на промышленных предприятиях Украины эксплуатируются более трех тысяч дымовых и вентиляционных труб, и более тысячи несущих металлических башен (с учетом башен для сотовой связи).

За время эксплуатации происходит накопление дефектов и повреждений, которые образуются, в основном, из-за нестационарного ветрового воздействия, агрессивных компонент рабочей среды, высокотемпературных и механических воздействий. При образовании существенных дефектов и повреждений происходит интенсификация разрушения несущего ствола дымовой трубы и несущей башни в целом. Это может привести к тяжелым последствиям для производства и рабочего персонала, жизнеобеспечения населения и территории, в случае отключения жизненно важных производств.

В настоящее время остро стоит вопрос о надежности и долговечности высотных инженерных сооружений специального назначения таких как, металлические дымовые и вентиляционные трубы, металлические вытяжные башни.

Оценка технического состояния элементов конструкций металлических труб и башен и сооружений в целом после длительных сроков эксплуатации, прогнозирование его в дальнейшей эксплуатации также является очень актуальной задачей. На основании анализа этих процессов возможно регулирование технического состояния металлических дымовых и вентиляционных труб, металлических башен.

Полученные данные о техническом состоянии металлических дымовых и вентиляционных труб по результатам технической диагностики дают возможность оценить надежность и долговечность после длительного срока эксплуатации, разработать рекомендации по ремонту и дальнейшей нормальной эксплуатации.

В литературе практически отсутствуют данные о повреждаемости металлических дымовых труб и несущих башен. Также отсутствуют статистические данные по дефектам и повреждениям конструкций этих высотных сооружений.

Для сбора данных о повреждаемости металлических дымовых труб и несущих башен была проведена статистическая обработка дефектов и повреждений на основании заключений о техническом состоянии и экспертиз промышленной безопасности. Заключение о техническом состоянии и экспертизы промышленной безопасности металлических дымовых и вентиляционных труб, несущих металлических башен выполнены авторами совместно с сотрудниками Харьковского национального университета строительства и архитектуры (г. Харьков), научно-производственного консорциума «НПК Изотермик» (г. Москва), института «Харьковский Промстройинипроект» (г. Харьков), Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций им. В.А. Кучеренко «ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко» (г.Москва).

Были обработаны данные заключений экспертиз промышленной безопасности и обследований технического состояния более 100-та металлических дымовых и вентиляционных труб и более 20-ти металлических несущих башен. Проведен анализ полученных данных всей совокупности основных дефектов и повреждений металлических дымовых труб и несущих башен.

Основными дефектами и повреждениями металлических дымовых труб являются:

- разрушение защитного лакокрасочного покрытия более чем 30% площади всей поверхности ствола (растрескивание, шелушение, расслоение и отсутствие антикоррозионного покрытия) (тип дефекта 1, рис.5);

- трещины в основном металле, швах и околосшовной зоне (тип дефекта 2, рис.5);

- подрезы, непровары, шлаковые включения и поры сварных соединений элементов труб (тип дефекта 3, рис.5);

- коррозионный износ стенки ствола трубы (равномерный) более 10% толщины стенки (рис. 3, тип дефекта 4 на рис.5);

- локальные и язвенные (включая прогары) коррозионные повреждения стенки ствола трубы более 10% (тип дефекта 5, рис.5);

- ослабление или повреждение болтовых соединений (включая анкерные болты) (тип дефекта 6, рис.5);

- повреждение ребер, траверс и плит опорных узлов трубы (тип дефекта 7, рис.5);

- повреждение элементов металлических опор под трубу (тип дефекта 8, рис.5);

- потеря устойчивости ствола трубы (рис. 4, тип дефекта 9 на рис.5);

- трещины в бетоне фундамента под трубой, разрушение защитного слоя бетона с оголением и коррозией арматуры (тип дефекта 10, рис.5).



Рис 3. Коррозионный износ дымовой трубы факельной установки более 10%/

Corrosive wear of the flue stack of the flare system is more than 10%.



Рис 4. Потеря устойчивости ствола дымовой трубы/

Loss stability of the chimney.

Количество металлических дымовых труб в процентах из общей выборки, в которых выявлены дефекты и повреждения стволов определенных типов, показаны на рис. 5.

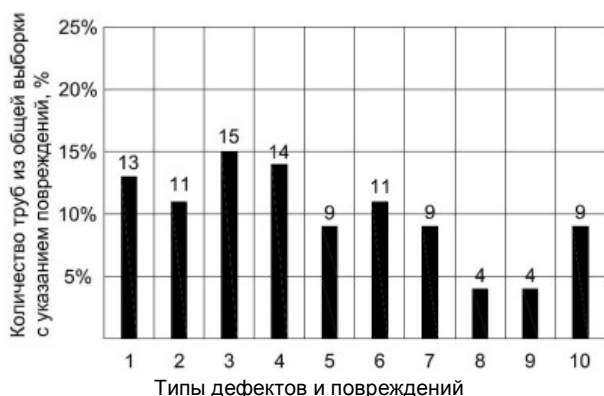


Рис. 5. Повреждаемость металлических стволов дымовых труб/
Damage to metal chimneys

Основными дефектами и повреждениями футеровки металлических дымовых труб являются:

- вертикальные и наклонные трещины в футеровке (тип дефекта 1, рис.8);
- локальные разрушения футеровки и выпадение отдельных кирпичей (рис. 6, тип дефекта 2, рис.8);
- выпучивание кладки футеровки (рис. 7, тип дефекта 3, рис.8);
- повреждение или отсутствие теплоизоляции (тип дефекта 4, рис.8);
- повреждение слезниковых уступов (тип дефекта 5, рис.8);
- зазоры между звеньями футеровки (тип дефекта 6, рис.8).



Рис. 6. Разрушение кладки футеровки и теплоизоляции трубы /

The destruction of the liner lining and the thermal insulation of the pipe



Рис. 7. Выпучивание (потеря устойчивости) кладки футеровки дымовой трубы /

Loss of stability in the lining of the chimney lining

Количество металлических дымовых труб в процентах из общей выборки, в которых выявлены дефекты и повреждения футеровки определенных типов, показаны на рис. 8.



Рис. 8. Повреждаемость футеровки металлических дымовых труб /
Damage to the lining of metal chimneys

Основными дефектами и повреждениями металлических решетчатых башен являются:

- разрушение защитного лакокрасочного покрытия более чем 30% площади поверхности элементов решетки (растрескивание, шелушение, расслоение и отсутствие антикоррозионного покрытия) (рис. 9, тип дефекта 1 на рис.11);
- элементы решетки вырезаны при эксплуатации или не установлены на монтаже (тип дефекта 2, рис.11);
- местные погиби элементов решетки башни (тип дефекта 3, рис.11);
- коррозионный износ элементов бани, превышающая 10% (тип дефекта 4, рис.11);
- межщелевая (межпакетная) коррозия элементов башни (тип дефекта 5, рис.11);

- трещины в сварных швах, разрушение сварных швов крепления элементов решетки (тип дефекта 6, рис.11);

- повреждение упоров из плоскости дымовой трубы, большие зазоры между трубой и упорами (тип дефекта 7 на рис.11);

- потеря устойчивости фасонки опорных раскосов башни (рис. 10, тип дефекта 8, рис.11);

- деформация несущих и ограждающих элементов башни, деформация анкерных болтов (тип дефекта 9, рис.11);

10) трещины в бетоне фундаментов, разрушение бетона фундамента и омоноличивания несущей металлической балки под башню (тип дефекта 10, рис.11).



Рис 9. Коррозионный износ элементов несущей башни до 10%/

Corrosion wear of tower support elements up to 10%



Рис 10. Потеря устойчивости фасонки опорного раскоса башни /

Loss of stability of the support tower

Количество выявленных дефектов и повреждений определенных типов элементов металлических несущих башен, показаны на рис. 11.

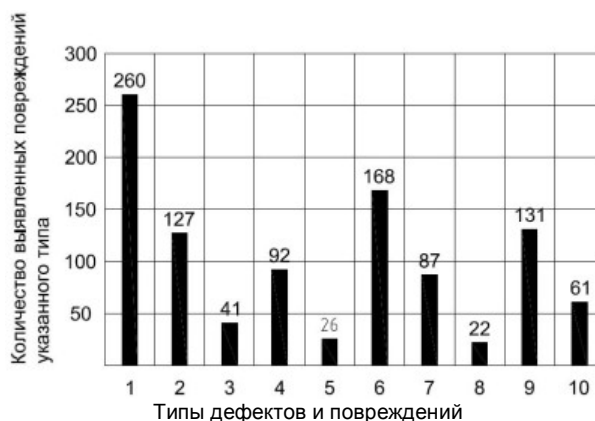


Рис. 11. Повреждаемость несущих конструкций вытяжных башен/
Damage to load-bearing structures of exhaust towers

На протяжении жизненного цикла в металлических дымовых трубах и башнях зарождаются и развиваются большинство дефектов и повреждений. В процессе развития дефекты и повреждения могут переходить из одной категории опасности в другую (из категории «В» в категорию «Б» и далее в «А»), изменяя техническое состояние конструкций. Дефекты и повреждения категории «А» представляют непосредственную опасность их разрушения, категории «Б» - не представляют непосредственной опасности разрушения несущих конструкций, но способны в дальнейшем перейти в категорию «А», и категории «В» - дефекты и повреждения локального характера, которые при следующем развитии не могут оказать влияние на основные несущие конструкции труб и башен. Категории технического состояния конструкций, как правило, изменяются от нормального (категория I) до удовлетворительного (категория II), и в дальнейшем до непригодного для нормальной эксплуатации (категория III) и аварийного (категория IV).

Авторами статьи разработан стандарт саморегулирующей организации СТО СРО ЭТМП - 03-2016 «Методика обследования технического состояния промышленных дымовых и вентиляционных труб» [4]. В данном стандарте на основании данных результатов обследований металлических дымовых труб и несущих башен, анализа нормативных документов [2, 3, 9], определены предельные допустимых значения дефектов и повреждений в зависимости категории их опасности, и от категории технического состояния конструкций (см. таблицу).

Анализ дефектов и повреждений металлических дымовых труб и несущих башен, определение их предельно допустимых значений для каждого технического состояния конструкций позволяет оценить остаточный ресурс и долговечность конструкций после длительного срока эксплуатации и продлить сроки эксплуатации.

Основные дефекты и повреждения металлических дымовых труб и их предельно допустимые значения

№№ п/п	Дефекты или повреждения	Предельно допустимые значения при техническом состоянии				
		нормальное		удовлетворительное	непригодное для нормальной эксплуатации	аварийном
		Категории опасности дефектов				
		«В»		«Б»	«А»	
1	2	3	4	5	6	
1	Фундаменты и основания					
1.1.	Деформации оснований для труб при высоте Н, м:	Крен, i	Средняя осадка (Δ, мм)	Средняя осадка (Δ, мм)	Устанавливаются расчетом	При значениях, превышающих расчетные
	≤ 100	0,005	≤ 400	≤ 400	Устанавливаются расчетом	
	100 < Н ≤ 200	1/(2Н)	≤ 300	≤ 300	Устанавливаются расчетом	
	200 < Н ≤ 300	1/(2Н)	≤ 200	≤ 200	Устанавливаются расчетом	
	≤ 300	1/(2Н)	≤ 100	≤ 100	Устанавливаются расчетом	
1.2.	Трещины на наружной поверхности железобетонного фундамента (горизонтальные)	Не допускаются		Не допускаются	До 1,0 мм	Свыше 1,0 мм
1.3.	Тоже, вертикальные с раскрытием a _{ср}	Выше уровня грунтовых вод (УГВ) a _{ср} ≤ 0,3 мм		Выше УГВ a _{ср} ≤ 0,5 мм	Выше УГВ a _{ср} ≤ 1,0 мм	Выше УГВ a _{ср} > 0,1 мм
		Ниже УГВ a _{ср} ≤ 0,1 мм		Ниже УГВ a _{ср} ≤ 0,3 мм	Ниже УГВ a _{ср} ≤ 0,5 мм	Ниже УГВ a _{ср} > 0,5 мм
1.4.	Выколы бетона с оголением арматуры	Не допускаются		На площади до 1 м ² и глубиной до 30 мм; коррозия арматуры не более 5%	На площади до 2 м ² и глубиной до 50 мм; коррозия арматуры не более 20%	На площади более 2 м ² и глубиной более 50 мм; коррозия арматуры более 20%
1.5.	Участки крупнопористого бетона с недостаточным количеством цементного камня из-за некачественного уплотнения при бетонировании	Не допускаются		Суммарными размерами до 1/8-1/6 длины окружности и толщиной до 30 мм	Суммарными размерами до 1/6-1/4 длины окружности и толщиной до 50 мм	Суммарными размерами более 1/4 длины окружности и толщиной 50 мм

2.	Ствол металлической дымовой трубы и элементы несущих башен				
1	2	3	4	5	6
2.1.	Отклонение оси ствола Q от вертикали	$f \leq 0,006-0,008H$	$f \leq 0,006-0,008H$	$f > 0,006-0,008H$	$f \gg 0,006-0,008H$
2.2.	Трещины в основном металле и сварных швах	Не допускаются			Имеют место
2.3.	Выпуклости и вмятины на поверхности ствола и элементов башни, отклонение от проектных размеров	Не более 1% размера диаметра трубы в рассматриваемом сечении	Устанавливаются расчетом		Значения, превышающие расчетные
2.4.	Коррозионный износ стенки трубы и элементов башни в опорной части, в зоне фланцевых соединений, в местах крепления светофорных площадок и лестниц	Не допускается	До 15% толщины стенки в одном сечении при толщине стенки не менее 4 мм	Устанавливается расчетом	Более 50% толщины стенки в одном сечении
2.5.	Сквозные разрушения и прогары стенки трубы	Не допускаются		Не допускается	Имеют место
2.7.	Горизонтальное смещение верха трубы от нормативной ветровой нагрузки	Не более $(1/75)H$	Устанавливается расчетом		Значения, превышающие расчетные
2.8.	Прогары опорных колец под футеровку	Не допускаются			Имеют место
2.9.	Разрушение антикоррозионных покрытий	Не допускается	До 40% площади покрытия	Более 40% площади	100% площади покрытия
2.10.	Повреждение горизонтальных скользящих упоров (трубы в башне)	Не допускается	Не более одного	Не более двух на разных уровнях	Два и более на одном уровне, более двух на разных уровнях
2.11.	Повреждение несущих узлов подвеса к башне или опоры в основании (для подвесных металлических труб)	Не допускается			Имеет место

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дымовые трубы. Теория, практика конструирования и сооружения / Под редакцией С.В. Сатьянова. М.: Стройиздат., РФ, 2001. – 150.
2. Защита строительных конструкций от коррозии. Свод правил / СП 28.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. М.: - Минрегионразв., РФ, 2012.-123с.
3. Металлические конструкции / Г.С. Ведеников и коллектив авторов.- М.: Стройиздат, 1998.-758с.
4. Методика обследования технического состояния промышленных дымовых и вентиляционных труб. Стандарт саморегулирующей организации / СТО СРО ЭТМП 03-2016. М., - Энерготеплометаллургпроект., РФ, 2016.-86.
5. Нагрузки и воздействия. Свод правил / СП 20.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: - Минрегионразв., РФ, 2011.-81с.
6. Нормативные документы по вопросам обследования, паспортизации, безопасной и надежной эксплуатации производственных зданий и сооружений. - К.: - Государственный Комитет Украины по строительству и архитектуре, 2003.-144.
7. Промышленные дымовые и вентиляционные трубы. Справочник проектировщика / Ф.П. Дужих, В.П. Осоловский, М.Г. Ладыгичев. М.:Теплотехник, РФ, 2004. – 233.
8. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Свод правил СП 13-102-2003.-М., - Минрегионразв., РФ, 2003.-81с.
9. Стальные конструкции. Свод правил СП 16.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*.-М.: -Минрегионразв., РФ, 2011.-172.
10. Яровой С.Н. Надежность и жизнеспособность металлических дымовых труб компрессорных станций магистрального газопровода «Кременчуг-Ананьев-Черновцы-Богородчань» после длительного срока эксплуатации / С.Н. Яровой, А.И. Горовый // Расчет и проектирование металлических конструкций. Сб. научн. тр. М.: - МГСУ. 2013.-с.251-256.
11. Яровой С.Н. Эксплуатационная пригодность металлических дымовых труб печей цеха №1 ОАО «Тагмет» после длительного срока эксплуатации / И.И.Ведяков, М.И. Гукова, С.Н. Яровой // Строительная механика и расчет сооружений. Научно-технический журнал. №2. М.: -ЦНИИСК им. Кучеренко, 2016. – с.7-12.
12. EN 1991-1-4. Eurocode 1: Action on structures – Part 1-4. General actions . Wind action. / Brussels: CEN, 2002. –p.151.
13. ISO 4354: 1997. Wind action on structures / Swizerland, 1997. –p.143.
14. Zuransky J.A. Obcizenia wiatrem budowa i konstrukcji / J.A.Zuransky/ -Warszawa, 1978. -240p.

REFERENCES

1. *Chimneys. Theory of Design Practice and Constructions* / Edited by S.V. Satyanov. Moscow: Stroiizdat., 2001. - 150. (in Russian).
2. *Zachina stroitelnih konstrukcij ot korrozij* [Protection of building constructions against corrosion]. *Svod pravil* [Rulebook] . SP 28.13330.2012. The updated edition of SNiP 2.03.11-85. Moscow, Minregionrazv, 2012, 123p.(in Russian).
3. *Metallicheskie konstyrukziji*. [Metal construction]. G.S. Vedenikov and staff authors. Moscow, Stroyizdat, 1998. 758p.
4. *Metallicheskie konstyrukziji. Spravocnik proektirovchika* [Metal construction. Designer's Handbook]. Edited by V.V.Kuznetsov. TsNIIproektstalkonstruktziya them. Melnikova. Moscow, Stroyizdat, 1989. 654p.
5. *Normative documents on inspection, certification, safe and reliable operation of industrial buildings and structures*. - К.: - State Committee of Ukraine for Construction and Architecture, 2003.-144.6.
6. Industrial smoke and ventilation pipes. Reference book of the designer / F.P. Duzhikh, V.P. Osolovsky, M.G. Ladygichev. M.: Heat engineer, 2004. - 233. (in Russian).
7. *Rules for inspection of load-bearing building structures of buildings and structures*. Code of Regulations SP 13-102-2003.-М., - Minregionrazv., RF, 2003.-81с. (in Russian).
8. *Stalnie konstrukziji* [Steel construction]. *Svod pravil* [Rulebook]. SP 16.13330.2011. The updated edition of SNiP II-23-81 *. Moscow, Minregionrazv, 2011, 172p. (in Russian).

9. Yarovoj S.N., and Gorovij A.I. *Nadeznost i ziznestojkost metallucheskikh dumovuh trub kompressornuh stancij magistralyogo gszoprovoda "Kremenchug-Ananiev-Chernovtsy-Bogorodchany" posle dlitel'nogo sroka ekspluatacii* [Reliability and viability metal chimneys compressor stations of main gas pipeline "Kremenchug-Ananiev-Chernovtsy-Bogorodchany" after a long service life]. *Raschet i proektirovanij metallicheskikh konstrukcij* [Calculation and design of steel structures]. Moscow, MSUCE, 2013, pp.251-256.
10. VEDIKOV I.I., GUKOVA M.I., and YAROVJOJ S.N. *Ekspluatsionnaja prigodnost metallicheskikh dumovuh trub pechej ceha №1 OAO "Tagmet" posle dlitel'nogo sroka ekspluatacii* [Usability metal flue pipes of furnaces of shop №1 JSC "Tagmet" after a long period of time]. *Stroitel'naja mehanika i raschet sooruzenij. Nauchno tehneskij gurnal №2*. [Structural mechanics and calculation of structures]. Moscow, CNIISK by Kycherenko, 2016, no.2, pp.7-12. (in Russian).
11. Eurocode 1: *Action on structures* – Part 1-4. EN 1991-1-4. General actions . Wind action. Brussels: CEN, 2002. -151p.
12. *Wind action on structures* . ISO 4354: 1997. Swizerland, 1997. -143p.
13. Milfroad R.V. *Structural reliability and cross-wind response of tall chimneys.-Engeniaring Structures*, 1982, vol.4, №4, pp.263-270.

Стаття надійшла до редколегії 07.04.2017 р.